






METHOD AND APPARATUS FOR INCORPORATING WATERMARK IN DIGITAL IMAGE OR IMAGE SEQUENCE

Patent number: JP11252355
Publication date: 1999-09-17
Inventor: ISNARDI MICHAEL ANTHONY; MUSGRAVE CLYDE
Applicant: SARNOFF CORP
Classification:
- **international:** H04N1/387; G06T1/00
- **european:** G06T1/00W; H04N5/913; H04N7/26; H04N7/26A4Q2;
H04N7/26A4Z; H04N7/26E10; H04N7/50; H04N7/50E4
Application number: JP19980367262 19981224
Priority number(s): US19970997965 19971224

Also published as:

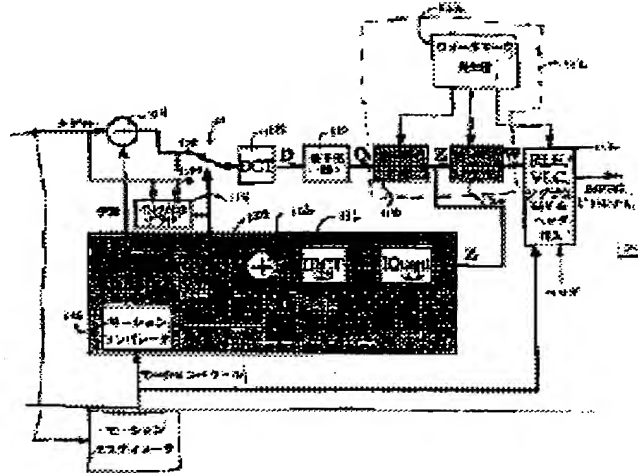
 EP0926897 (A2)
 US6037984 (A1)
 EP0926897 (A3)
 EP0926897 (B1)
 DE69822773T (T2)

more >>

Report a data error here

Abstract of JP11252355

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and device watermarking an image or an image sequence without restricting the watermark signal. **SOLUTION:** A watermarking apparatus includes a conventional type DCT unit 108 and a quantizing device 110 which generates the array of quantizing DCT coefficients. The array is watermarked by masking the array, in order to select some of the DCT coefficients (to be replaced by a zero value later to form a masked array). The masked array is additionally processed by a watermark inserter, replacing a coefficient made a zero value with an already fixed watermark coefficient to form an image, including the watermark, e.g. of the DCT coefficient. A decoder for decoding a bit stream generated like this for removing an embedded watermark is instructed.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-252355

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月17日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

F I

H04N 1/387

H04N 1/387

G06T 1/00

G06F 15/66

B

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L 外国語出願 (全30頁)

(21) 出願番号 特願平10-367262

(22) 出願日 平成10年(1998)12月24日

(31) 優先権主張番号 08/997965

(32) 優先日 1997年12月24日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 597079016

サーノフ コーポレイション

アメリカ合衆国, ニュージャージー州 08
543, プリンストン シーエヌ 5300, ワ
シントン ロード 201

(72) 発明者 マイケル アンソニー イスナーディ

アメリカ合衆国, ニュー ジャージー州
, プレインズボロ, マッケンジー レ
ーン 7

(72) 発明者 クライド マスグレイヴ

アメリカ合衆国, テキサス州, フリス
コ, フェアフィールド プレイス 3620

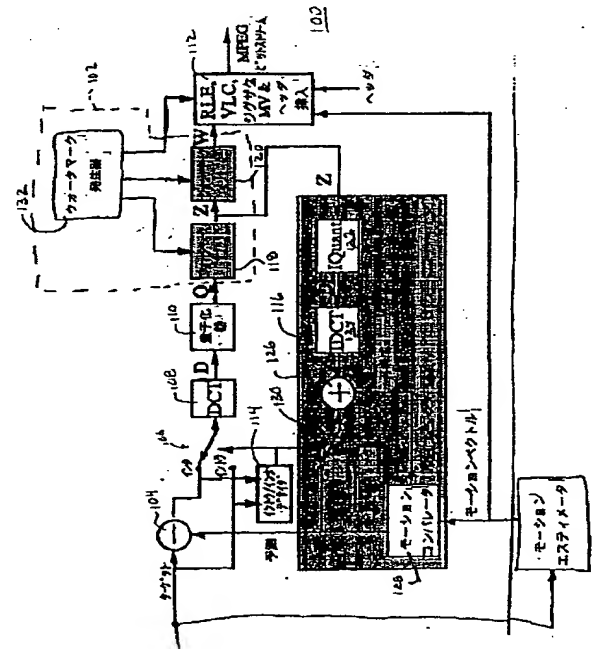
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 ウォータマークをデジタル画像又は画像シーケンスに組み込むための方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 ウォータマーク信号を制限せずに、画像や画像シーケンスをウォータマーキングする方法と装置を提供する。

【解決手段】 ウォータマーキング装置は従来型DCTユニットと量子化DCT係数のアレイを発生させる量子化器とを含む。アレイは、DCT係数の幾つか（後にゼロ値で置換されマスクされたアレイを形成する）を選択するためにアレイをマスクしてウォータマーキングされる。マスクされたアレイは更に、ゼロ値にされた係数を既定のウォータマーク係数で置換して、DCT係数のウォータマーク入りアレイ、例えばウォータマーク入り画像を形成するウォータマークインサータで処理される。こうして生成されたビットストリームを解読し、埋め込まれたウォータマークを除去するためのデコーダも教示する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ピクセルが離散的余弦変換 (DCT) 係数を使って符号化されるように成した、複数のピクセルを含む画像にウォーターマークを挿入するための画像エンコーダであって、

前記画像を表す DCT 係数のアレいをマスクするとともに、前記アレい内の前記 DCT 係数の中の選択された DCT 係数をゼロ値に設定するためのウォーターマークマスク、及び、

前記 DCT 係数がマスクされてゼロ値に設定された前記 DCT 係数アレい内のロケーションに、ウォーターマーク値を挿入するための、前記ウォーターマークマスクに結合されるウォーターマークインサータ、を備える画像エンコーダ。

【請求項 2】 更に、前記ウォーターマーク係数を既定文字列の量子化 DCT 係数として生成するためのウォーターマーク発生器を備える、請求項 1 記載の画像エンコーダ。

【請求項 3】 更に、前記ウォーターマーク値を疑似ランダムに発生させた状態で生成するためのウォーターマーク発生器を備える、請求項 1 記載の画像エンコーダ。

【請求項 4】 ピクセルが離散的余弦変換 (DCT) 係数を使って符号化されるように成した、複数のピクセルを含む画像にウォーターマークを挿入するための、DCT ベースの画像エンコーダであって、

前記画像を表す前記 DCT 係数のいくつかを選択するとともに、前記選択された DCT 係数の値をゼロに変更して DCT 係数のマスクされたアレいを形成するためのウォーターマークマスク、

DCT 係数の前記マスクされたアレいから予測画像を発生させるための、前記ウォーターマークマスクに結合される画像デコーダ、

前記選択された DCT 係数をウォーターマーク値で置換して、DCT 係数のウォーターマーク入りアレいを生成するための、前記ウォーターマークマスクに結合されるウォーターマークインサータ、

DCT 係数の前記ウォーターマーク入りアレいをロスなく符号化してビットストリームを形成するための、前記ウォーターマークインサータに結合される出力プロセッサ、を備える DCT ベースの画像エンコーダ。

【請求項 5】 更に、前記ウォーターマーク係数を既定文字列の量子化 DCT 係数として生成するためのウォーターマーク発生器を備える、請求項 4 記載の画像エンコーダ。

【請求項 6】 更に、前記ウォーターマーク値を疑似ランダムに発生させた状態で生成するためのウォーターマーク発生器を備える、請求項 4 記載の画像エンコーダ。

【請求項 7】 前記ウォーターマーク発生器は前記出力プロセッサに結合されるとともに、前記出力プロセッサに前記ウォーターマーク値の解読に役立つ一定情報を供給

し、前記出力プロセッサが前記一定情報を前記ビットストリームに挿入する、請求項 6 記載の画像エンコーダ。

【請求項 8】 前記一定情報が、前記疑似ランダムに発生したウォーターマーク値を解読するためのシードである、請求項 7 記載の画像エンコーダ。

【請求項 9】 ピクセルが離散的余弦変換 (DCT) 係数を使って符号化されるように成した、複数のピクセルを含む画像にウォーターマークを挿入する方法であって、前記画像を表す DCT 係数のアレいをマスクするとともに、前記アレい内の前記 DCT 係数の中の選択された DCT 係数をゼロ値に設定するステップ、及び前記 DCT 係数がマスクされてゼロ値に設定される前記 DCT 係数アレい内のロケーションに、ウォーターマーク値を挿入するステップ、を有する方法。

【請求項 10】 ビットストリームからウォーターマークを抽出する方法であって、

前記ビットストリームから、ウォーターマーク値を含む DCT 係数を抽出するステップ、

前記ウォーターマーク値を基準ウォーターマーク値と比較するステップ、前記ウォーターマーク値が前記基準ウォーターマーク値と整合する場合に、認証信号を生成するステップ、

前記認証信号が生成された場合、前記ビットストリームの前記 DCT 係数内の前記ウォーターマーク値をゼロに設定して、前記ビットストリーム内の前記 DCT 係数から前記ウォーターマークを除去することによって、ウォーターマークの出現なしに画像が解読されるステップ、を有する方法。

【請求項 11】 更に、前記基準ウォーターマーク値をメモリから呼び出すステップを有する、請求項 10 記載の方法。

【請求項 12】 更に、前記ビットストリーム内の情報を解読して、前記基準ウォーターマーク値を生成するステップを有する、請求項 10 記載の方法。

【請求項 13】 前記情報が、前記基準ウォーターマーク値の基礎を形成する疑似ランダムコードのためのシードである、請求項 12 記載の方法。

【発明の詳細な説明】本発明は、画像処理システムに関し、より詳細には、本発明は、デジタル画像又は画像シーケンスのデジタルウォーターマーキングを実行するための方法と装置に関する。

【0001】

【開示の背景】画像のデジタル化、デジタル画像の配信、及びデジタルビデオの可用性の到来とともに、このようなデジタルイメージの著作権保護が画像パブリッシャと画像製作者にとって重要な問題となっている。デジタル画像の所有権を確認するために使用される技術のひとつは、画像や画像シーケンスに埋め込まれる「ウォーターマーク」である。このウォーターマークは、確実で、故意の変造及び圧縮処理に強く、埋め込みと抽

出に対して過度の複雑さがなく、従来の画像処理システムに互換性を持つとともに相互運用可能(interoperable)でなければならない。ウォーターマークは一般に視聴者には見えない。しかしながら、用途によっては、認証された画像デコーダでは除去できるが、認証されていないデコーダでは除去できない可視のウォーターマークを生成することが望ましい場合もある。

【0002】成功のレベルは様々だが、静止画像及びビデオ画像の両者に対する各種のデジタルウォーターマーキング技術が試みられてきた。分散スペクトル(spread-spectrum)技術の使用が、Hartung他の“Digital Watermarking of Raw and Compressed Video”, Systems for Video Communication, October 1996, pp. 205-213、及び Hartung他の“Watermarking of MPEG-2 Encoded Video Without Decoding and Re-encoding”, Proceedings of SPIE 3020, Multimedia Computing and Networking 97 (MCN 97), February 1997に開示されている。これらの論文の最初のものは、疑似ノイズ信号を使って「ウォーターマーキング」すべきビデオシーケンス全体にウォーターマーク画像のエネルギーを分散させる技術を開示している。一旦、疑似ノイズ信号がビデオシーケンス内に埋め込まれると、システムはウォーターマークを含むビデオシーケンスを符号化する。このようにして、ウォーターマーキングはピクセルドメインで達成される。かくして、ビデオコーディングプロセスのコーディングロスも、ビデオシーケンスの画像とともにウォーターマークにも与えられる。デコーダでは、分散されたウォーターマークがビデオシーケンスから相関されて抽出される。分散スペクトル技術の使用は、ウォーターマークとビデオの回復を容易にするために、エンコーダとデコーダの両者における実質的な同期と信号処理のハードウェアを必要とする。かくして、ピクセルドメイン・ウォーターマークプロセスは一般には回避される。

【0003】前記の論文は共に、ビデオシーケンス内の画像フレームの「ブロック」がコーディングされた後、コーディングされたウォーターマーク信号と組み合わせられる、ビットストリームドメイン・ウォーターマーキング技術を開示している。具体的には、ブロックは一般に画像フレームの8×8ピクセル部分である。ブロックは離散的余弦変換(DCT)を使ってコーディングされて、コーディングされたブロックを形成する。ウォーターマーク画像は同様にブロックに分割されて、DCTコーディングされる。コーディングされたウォーターマークブロックと、コーディングされた画像ブロックとを表すDCT係数は次に互いに加算されて、組み合わせブロックを形成する。組み合わせブロックは量子化されてエラーコーディングされる。その後、符号化されたビデオシーケンスの転送に必要なビットレートを増加させない「ウォーターマーク入り」係数のみを転送するための、選択プロセスが実行される。この選択プロセスは、組み合わせブロッ

クの係数を符号化するのに必要なビット数を、画像ブロックのみの係数を符号化するのに必要なビット数と比較する。組み合わせブロックビットの数が画像ブロックビットの数より大きい場合、システムは画像ブロックビットを転送するが、そうでない場合は、組み合わせブロックが転送される。明らかに、そのような選択プロセスはウォーターマーク情報の一部を消去するので、ウォーターマークに歪みが出る。極端な場合は、ウォーターマーク情報が全く転送されないか、さもなければ転送される情報量が少なくてウォーターマークが無効になることもある。

【0004】従って、当技術分野では、既定のビット予算を超えることなくビデオシーケンスのウォーターマーキングを容易にするための、ウォーターマーク信号を些かも除かないウォーターマーキング技術に対するニーズが存在する。

【0005】

【発明の概要】従来技術に伴う欠点は、ウォーターマーク信号を制限することなく画像や画像シーケンスをウォーターマーキングするための方法と装置に関する本発明によって克服される。ウォーターマーキング装置は、従来型DCTユニットと、量子化DCT係数のアレイを発生させるための量子化器とを含む。アレイは、後からゼロ値によって置換されて、マスクされたアレイを形成するいくつかのDCT係数を選択するためにそのアレイをマスクすることによって、ウォーターマーキングされる。マスクされたアレイは更に、ゼロ値にされた係数を既定のウォーターマーク係数で置換してDCT係数のウォーターマーク入りアレイ、例えばウォーターマーク入り画像を形成するウォーターマークインサータによって処理される。ウォーターマーク入り画像は一般にピクセルの複数ブロックに分割され、そこで、各ブロックが一ブロックずつ上記の方法でウォーターマーキングされる。

【0006】この発明は、マスクされたアレイを組み込み型デコーダに加えて予測画像をそこから発生させるようにしたMPEGエンコーダ等のブロックベースの画像エンコーダで一般的に使用される。予測画像を入力画像と比較することによって、上記の方法でウォーターマーク入りの残像(residual image)を生成する。ウォーターマークマスクを、予測画像を発生させるループ内で作動させることによって、閉ループエンコーディングは、DCT係数の一部をゼロ化する(zeroing)ことによって、画像に加えられた画像歪みを本質的に補償する。しかしながら、ゼロ化された係数は一般に高周波係数なので、歪みは最小である。ウォーターマーク値の大きさとそのDCTアレイへの配置により、ウォーターマークを可視にも不可視にも選択可能である。

【0007】画像をウォーターマーキングする方法によって、かなり簡単な技術を使って、認証されたデコーダ内で可視のウォーターマークを画像から除くことができる。認証されたデコーダは画像ウォーターマークと整合す

る基準ウォーターマークを含まなければならない。ウォーターマークを疑似ランダムコードを使って発生させる場合、そのコードへのシードをビットストリームでユーザデータ内に転送できる。かくして、ウォーターマーク基準がそのデコーダによってシードから生成できる。従って、デコーダを選択的に認証することによって、一定の画像シーケンスを解釈してウォーターマークを除くことができる。

【0008】更に詳細には、ウォーターマークを含むビットストリームのためのデコーダは、入力プロセッサ、ウォーターマーク・リムーバ/コンパレータ、及び従来型ブロックベースのデコーダを備える。入力プロセッサは入力ビットストリームを処理して、ヘッダー情報、モーションベクトル、及びウォーターマーク値を含むDCT係数のアレイ（ブロック）を抽出する。各ブロックは、一ブロックずつ、ウォーターマーク・リムーバ/コンパレータに結合される。ウォーターマーク・リムーバ/コンパレータはウォーターマーク値を抽出して、それらを基準ウォーターマークと比較する。抽出値が基準値と整合する場合は、認証信号が生成され、次にウォーターマーク・リムーバ/コンパレータが、ウォーターマーク値を含むブロックの係数をゼロ化する。ブロックは次に従来方法で解釈されて、再構成画像を生成する。しかしながら、抽出されたウォーターマーク値が基準値と整合しない場合、ウォーターマーク値はDCT係数のブロック内にとどまり、再構成画像が可視ウォーターマークによって歪むことになる。

【0009】

【実施形態の詳細な説明】図1は、ウォーターマークプロセッサ102を含むブロックベースのビデオエンコーダ100を示す。ブロックベースのエンコーダ100は、ビデオ画像シーケンスのエンコーダ等のためのMoving Pictures Experts Group (MPEG) 規格を満たすエンコーダを図説したものである。つまり、このエンコーダは一般にMPEGエンコーダと称される。しかし、言うまでもなく、本発明のウォーターマーキング装置は、解釈プロセス、例えばJPEG、H. 261、MPEG-1、MPEG-2等を容易にするためにDCT係数を使用するどのような画像や画像シーケンスの解釈プロセスにも適用できる。

【0010】更に詳細には、図示のMPEGエンコーダ100は、減算器104、イントラ/インタ・スイッチ106、DCTユニット108、量子化器110、出力プロセッサ112、及びイントラ/インタ・デサイダ114等の従来型コンポーネントと、組込み型デコーダ116とを備えている。周知のように、MPEGエンコーダは一連のビデオ画像から取られた画像フレーム上で動作する。フレームは、伝統的に16×16群のピクセルを含む複数の「ブロック」に分割される。4、2、0サンプリング構造として知られるものでは、ピクセルのこのブロックが処理されて輝度情報のブロック（例えば、

輝度ピクセルの4つの8×8ブロック）を形成し、16×16ブロックがサブサンプリングされて、クロミナンス情報を含む2つの8×8ブロックのピクセルを形成する。これらの6ブロックのピクセル情報の組合せは「マクロブロック」として知られている。しかしながら、一般性を保つために、本発明は、任意のサイズ又は形状のピクセルアレイとして解釈すべきターゲット画像を処理するものとして検討する。

【0011】MPEGエンコーダ内での本発明の図説した応用においては、各8×8ブロックのピクセル情報が、一度に一つずつ、「ターゲット」画像としてエンコーダの入力へ与えられる。「ターゲット」画像は、組込み型デコーダ116によって生成されたモーション補正済予測画像(motion compensated predicted image)と比較される。比較は減算器104で行なわれるが、そこでは2つの画像中の同一画像情報がナル値を生成し、全ての差分は残像内の「残差」として現われる。残差はインタ/イントラ・スイッチ106を通り、一般に、DCTユニット108によって周波数ドメインに変換される。具体的には、DCTユニット108が、8×8ターゲットブロック内のピクセル画像情報の周波数成分を表す8×8アレイのDCT係数を生成する。DCT係数は次に量子器110によって量子化される。しかしながら、イントラ/インタ・デサイダ114が、そのエンコーダは残差よりもターゲット画像自体をより効率的に符号化するだろうと判定すると、イントラ/インタ・スイッチ116は、ターゲット画像を直にDCTユニット108へ結合するように設定される、すなわちターゲット画像は残像となる。残像ではなくターゲット画像を使用すると、この決定は一般に、ビデオシーケンスのシーン変更（シーンカットとしても知られる）の後で起こる。

【0012】量子化DCT係数は次にウォーターマークプロセッサ102に結合される。ウォーターマークプロセッサ102は、ウォーターマーク発生器132、ウォーターマークマスク118、及びウォーターマークインサータ120を備える。ウォーターマークマスク118は、量子化DCT係数のいくつかを選択して、選択された各係数の値をゼロに設定する。ウォーターマーク発生器によって生成された制御信号は、マスクすべき特定の係数を定義する。「ゼロ化された」係数を含む係数のマスクされたアレイは、組込み型デコーダ116に結合されて、予測画像を生成するために使用される。

【0013】DCT係数のマスクされたブロックはウォーターマークインサータ120に結合され、そこで、ゼロ化された係数がウォーターマーク係数で置換される。ウォーターマーク係数はウォーターマーク制御信号によって供給される。

【0014】DCT係数のウォーターマーク入りブロックは次に、モーションベクトルとヘッダー情報とをそのDCT係数と組み合わせるとともにジグザグ走査(zig-zag

scanning)、ランレベル(run-level) コーディング (R I C)、及び可変長(variable length) コーディング (V L C) を使ってその組合せを従来通りに符号化して M P E G 適合ビットストリームを形成する出力プロセッサに結合される。制御信号をブロック 1 1 2 に供給して、一定のウォータマーク解読情報を、例えばビットストリームのユーザデータフィールドに挿入できるようにする。例えば、動的可変ウォータマークを使用するときは、同期化情報をビットストリームに挿入して、デコーダがウォータマークを発見して抽出できるようにする。また、疑似ランダムに生成されたウォータマークについては、ウォータマークを解読するためのシードを、例えばピクチャ層ユーザデータとしてビットストリームに挿入する。かくして、ウォータマーク関連解読情報を全てのピクチャと同じ頻度で挿入できるが、その必要はない。

【0015】係数のマスクされたブロックは組込み型デコーダ 1 1 6 に結合される。組込み型デコーダ 1 1 6 は逆量子化器 1 1 2、逆 D C T ユニット 1 2 4、加算器 1 2 6、インタ/イントラ・スイッチ 1 3 0、及びモーション補正プロセッサ 1 2 8 を備える。コンポーネントのこの組合せは先に符号化されたブロックを解読して、そのブロックを従来方法でモーション補正する。具体的には、マスクされたブロックが逆量子化されて逆 D C T 処理される。かくして、再構成された残差のブロックが形成される。これらの再構成残差は減算器 1 0 4 で生成された残差とほぼ等しいが、それらにはマスクされた画像情報が欠けている。再構成残差は加算器 1 2 6 内で予測画像と合計され、その合計された再構成ブロックがモーション補正プロセッサ 1 2 8 内でモーション補正されて、予測画像を形成する。インタ/イントラ・スイッチ 1 3 0 はスイッチ 1 2 0 と同一方法で動作するとともに、インタ/イントラ・デサイダ 1 1 4 の下で制御される。かくして、予測画像は再構成ブロックを形成するために使用されて、残差が最初に符号化されたときだけスイッチ 1 3 0 を介して結合される。そうでない場合、逆 D C T ユニットの出力は、予測画像へ追加されずにモーション補正器(compensator)に結合される再構成ターゲット画像である。

【0016】重要なことは、ウォータマークマスク 1 1 8 は、ターゲット画像を符号化及び解読して予測画像を形成する「ループ」内にあるが、ウォータマークインサータ 1 2 0 はそのループの外にあることである。ウォータマークマスクをループの内側に入れることによって、認証された M P E G デコーダは、ウォータマークが除かれた後で、組込み型デコーダをトレースすることになる。

【0017】ウォータマークインサータ 1 2 0 は、ウォータマークキングされた値が確実にビットストリーム中に「焼付け(branded)」されるようにループの外にあ

る。ウォータマーク入り D C T 係数が最終可能エンコーディング段階で修正されること、及びウォータマーク係数が D C T 係数のマスクされたアレイに挿入された後では更なる「損失性(lossy)」処理は何ら起こらないことに注目したい。出力プロセッサによって実行される全てのプロセスは、無ロス、例えばジグザグ走査、V L C、及び R L C である。

【0018】本発明のウォータマーキング装置を使用する場合、認証されていない M P E G デコーダは組込み型デコーダをトレースしないが、それは、認証されていないデコーダが、解読されたブロックからウォータマークを除去できないからである。かくして、認証されていないデコーダからの出力画像は、ウォータマーク入り係数の値に従ってその可視性が制御される周期変動ノイズを含むことになる。上で検討した方法で埋め込まれたウォータマークを除くために使用できるデコーダを、図 5 に関して以下に開示する。

【0019】図 2 は、ウォータマークを画像内に埋め込むために使用されるプロセスのブロック図を示し、図 3、4、5 は、本発明によって処理されるような D C T 係数のアレイを図的に示す。本発明を最もよく理解するには、読者は図 2、3、4、5 を同時に参照するのがよい。

【0020】具体的には、本発明の方法(ウォータマーキングルーチン 2 0 0)は、ステップ 2 0 2 において、入力画像(例えば残像)で開始される。ステップ 2 0 4 で、入力画像は画像内容の離散余弦変換を使って周波数ドメインに変換された後、その D C T 係数を量子化する。図 3 は、量子化 D C T 係数の 8 × 8 ブロック、すなわちアレイ 3 0 0 を図的に示す。ステップ 2 0 6 でウォータマークマスクを適用して、D C T 係数のいくつかを選択する。ステップ 2 0 8 で、選択された係数が「ゼロ化」される、すなわちゼロ値が割り当てられる。図 4 は、ウォータマーキングマスクがブロックに適用されて選択された D C T 係数 4 0 0 がゼロ値に設定された後の図 2 のブロック 3 0 0 を図的に示す。ステップ 2 1 0 で、ルーチンは、マスクされたアレイを出力として生成する。上述のように、M P E G デコーダを適用する中で、組込み型エンコーダにマスクされたアレイを使用することによって予測画像を生成できる。

【0021】ステップ 2 1 2 で、ルーチン 2 0 0 は、選択的にゼロ化された係数をウォータマーク値(すなわち、ウォータマーク画像から導かれた量子化 D C T 係数)で置換する。置換のために D C T 係数を選択する時には注意が必要である。ウォータマークの可視性を低くしなければならない場合は、比較的小さいウォータマーク D C T 値、例えば - 1、0、+ 1 を、D C T の最高周波係数を搬送するロケーションに挿入することが不可欠である。この最高周波係数ロケーションは一般に D C T ブロックの右下コーナーにある。これらの係数をマスクす

ると、再構成された値に低レベルの「チーズクロス」状の外観をもたらす。しかしながら、このような効果は一般に、解読された画像シーケンスに可視の人工物を生成しない。チーズクロス効果の可視性を更に減少させるために、挿入されるウォータマーク DCT 値の極性を、フレーム間からマクロブロック間での反転を行うことができる。かくして、平均輝度偏差はゼロで、従って、より見えにくくなる。ウォータマークの可視性を高くしなければならない場合、大きなウォータマーク DCT 値を使用しなければならない。図 5 は、ウォータマーク DCT 係数 5 0 0 がアレイ内のマスクされたロケーションに挿入された後のアレイ 3 0 0 を図的に示す。ステップ 2 1 4 で、ルーチンは、DCT 係数のウォータマーク入りアレイを出力する。

【0 0 2 2】置換された DCT 係数は、ピクチャの各ブロックに関連するビットカウントに影響を及ぼすだろう。すなわち、符号化された、ピクチャの各ブロックは、そのブロックを符号化するために使用される一定数のビットが割り当てられて、ウォータマーク値の追加は一般にそのビットカウントを増加させることになる。場合によっては、ウォータマークの追加は、ビットカウントを減少させることもあるが、大抵の場合（すなわち、高周波 DCT 係数がさもなくばゼロ値になっていたであろう場合）、ビットカウントは増加するだろう。しかしながら、ウォータマーク係数の注意深い選択が、追加のビットカウントを最小にできる。例えば、係数をマグニチュード 0 か 1 でコーディングする方が、より大きなマグニチュードで値をコーディングするよりも効率的である。かくして、ウォータマーク係数として低いマグニチュードを使用しなければならない。更に、レート制御技術（すなわち、DCT 係数用のコーディングレートと量子化スケールとを実際に制御するアルゴリズム）をローカルベースかグローバルベースのいずれかで修正することによって、ウォータマーク係数の追加が要求するビットレートのわずかな増加を補償できる。

【0 0 2 3】実際のウォータマーク値は、ウォータマーク発生器（図 1 の 1 3 2）内で決定論的に、疑似ランダムに、又は暗号的に、発生させることができる。例えば、発生器 1 3 2 は商標（例えば X Y Z）、又は何らかの他の識別語や識別画像を二進（ASCII）の等しい値に変換する。例えば、次にその二進値を使用して、図 2 の量子化係数 Q（7、7）を、エンコーダによって処理される連続ブロック内で 1 か 0 に置換する。このようにして係数の各アレイでただ一つの係数が置換される。

【0 0 2 4】その他に、疑似ランダムシーケンス発生器が、疑似ランダム値を発生し、その値を正規化して、正規化された値が 0 ないし 0.5 の範囲にあるときは常に Q（7、7）を 0 で置換し、正規化された値が 0.5 ないし 1 の範囲にあるときは常に Q（7、7）を 1 で置換できるだろう。使用されるウォータマークの（決定論

的、又は疑似ランダムな）タイプは、MPEG トランスポートストリーム内のユーザデータフィールドを使って受信デコーダに転送できる。疑似ランダムに生成されたコードを使用するときは、ユーザデータを使って、デコーダがウォータマークを容易に抽出できるように疑似ランダムコード用「シード」を転送することもできる。このようにユーザデータを使用することによって、ウォータマークを挿入するエンコーダは、認証されたデコーダによる新ウォータマークの自動的な除去を可能にしつつ、ウォータマークコードを変更することができる。

【0 0 2 5】一旦、ウォータマークが上記の方法で画像に挿入されると、認証されていないデコーダ（例えば、標準 MPEG）は、ウォータマークを、あたかもそれがコーディングされた画像であるかのように処理する。ウォータマーク係数によって、ウォータマークは解読された画像中で可視にも不可視にもなる。ときには、認証されていないデコーダを使って解読されたすべての画像に、高度に可視なウォータマークが現われることが望ましい場合もある。しかしながら、そのような可視ウォータマークも、認証されたデコーダで解読された画像からは除かねばならないだろう。

【0 0 2 6】図 6 は、図 1 のエンコーダによって生成されたビットストリームを解読するとともに、解読された画像シーケンスからウォータマークを同時に除くためのブロックベースの画像デコーダ（例えば、MPEG デコーダ）のブロック図を示す。デコーダ 6 0 0 は入力プロセッサ 6 0 2、ウォータマーク・リムーバ/コンパレータ 6 0 4、及び従来型デコーダ 6 0 6 を備える。入力プロセッサ 6 0 2 は、可変長デコーディング、ラン長(run-length)デコーディング、逆ジグザグ走査、及びヘッダーを除去して、ウォータマーク情報を含む量子化 DCT 係数のブロック（アレイ）を生成することによって、MPEG 適合ビットストリームを処理する。ピクチャ層ユーザデータは、DCT ブロックがウォータマークを含むように修正された方法に関する情報を含む、すなわちこの情報はどのロケーションがウォータマークデータを含んでいるかを詳述する。そのユーザデータから、入力プロセッサ 6 0 2 は、ウォータマーク・リムーバ/コンパレータ 6 0 4 に結合される制御信号を生成する。この制御信号は、ウォータマーク値を持つ係数のロケーションを提供する。ウォータマークの正真性(authenticity)を確認するために、ウォータマーク・リムーバ/コンパレータは、そのブロックからウォータマーク値を抽出し、その抽出されたウォータマーク係数が、格納された基準（又は、エンコーダからデコーダへ転送されたシードから疑似ランダムに生成された基準）と比較される。整合が生じた場合、ウォータマークの正真性が確認されて認証信号が生成される。整合が見られない場合、そのウォータマークは認証されたエンコーダで挿入されたものではない。整合が生じると、ウォータマーク・リムーバ/

コンパレータは、次にこれらの各ロケーションのウォーターマーク値を「ゼロ化」してブロックZ（これも図4に示す）を生成する。しかし、整合しない場合は、ウォーターマーク・リムーバ/コンパレータはウォーターマーク値をゼロ化せず、従って再構成画像はすべて、そのウォーターマーク値によって歪むことになる。

【0027】ビットストリームの解読を完了するために、MPEGデコーダ606は逆量子化器608、逆DCTユニット610、加算器612、インタ/イントラ・スイッチ614、及びモーション補正器616を備える。モーションベクトルと、各ブロックに関連するインタ/イントラ・デシジョンは、入力プロセッサ602によってビットストリームから抽出されて、MPEGデコーダ606に結合される。逆量子化器608と逆DCTユニット610とは、ブロックZ上で作動してそのブロックを逆量子化するとともに逆DCT処理することによって、ピクセルのブロックを形成する。加算器612は、そのピクセルをピクセルの予測ブロックと合計して、再構成画像を形成する。ブロックがエンコーダでインタラ・コーディングされた場合は、予測ブロックは加算器612に与えられない、すなわちスイッチ614は、接地されたイントラ端子に切り換えられる。再構成画像はデコーダ出力で生成されて、これもモーション補

正器に結合されてモーション補正され、予測ブロックを形成する。

【0028】本発明の教示を組み込んだ様々な実施例を、図示するとともに本明細書で詳しく説明したが、当技術に精通する者は、これらの教示を依然として組み込んだ他の多くの様々な実施態様を容易に考案できる。

【0029】本発明の教示は、添付の図面とともに下記の詳細説明を考慮することによって容易に理解できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のデジタルウォーターマーキング装置を含むブロックベースのビデオエンコーダのブロック図である。

【図2】本発明によるウォーターマーキングルーチンのフロー図である。

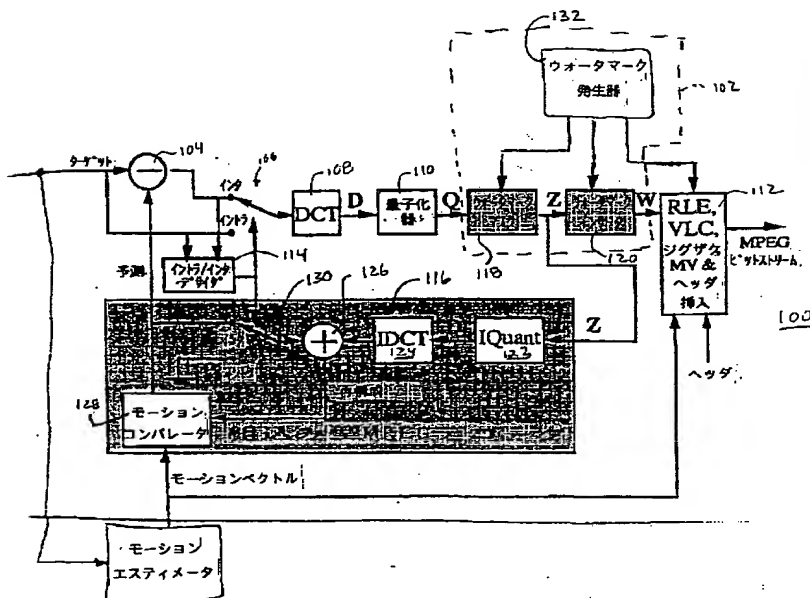
【図3】量子化DCT係数の図説ブロック図である。

【図4】図2のブロックにウォーターマークマスクを加えたブロック図である。

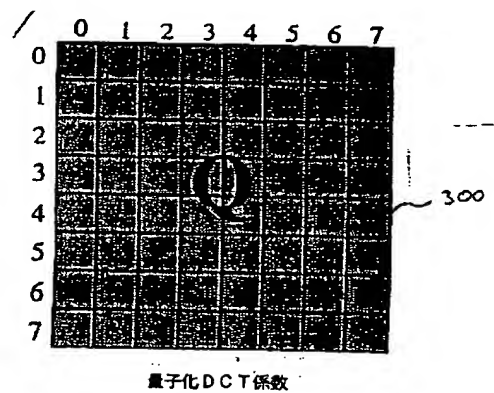
【図5】「マスクされた」DCT係数をウォーターマーク係数で置換した図3のブロック図である。

【図6】本発明のウォーターマーク除去装置を含むブロックベースのビデオデコーダを示した図である。理解を容易にするために、可能な場合は同一符号を使用して、各図面に共通な同一要素を表示した。

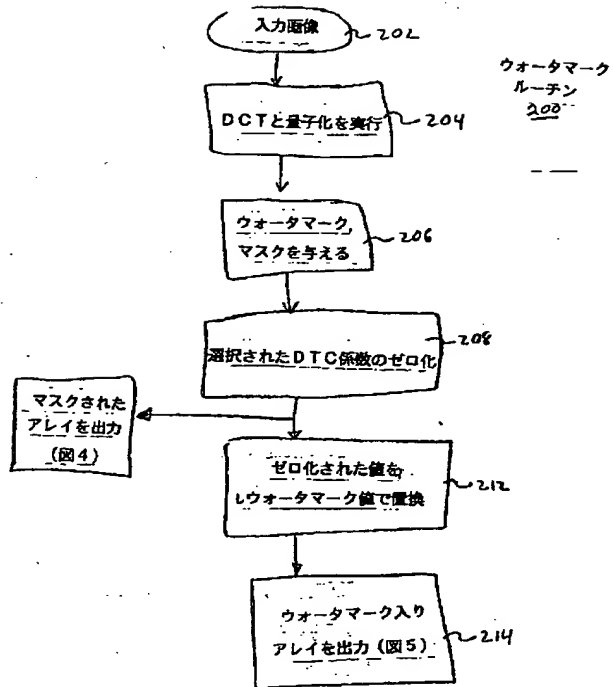
【図1】



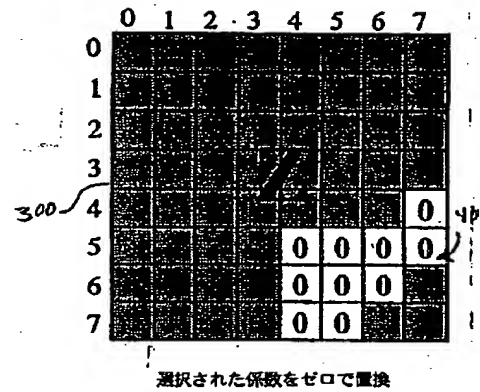
【図3】



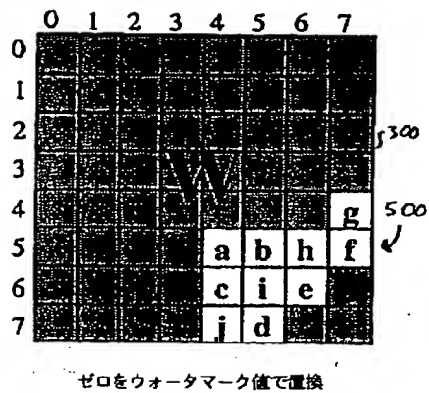
【図 2】



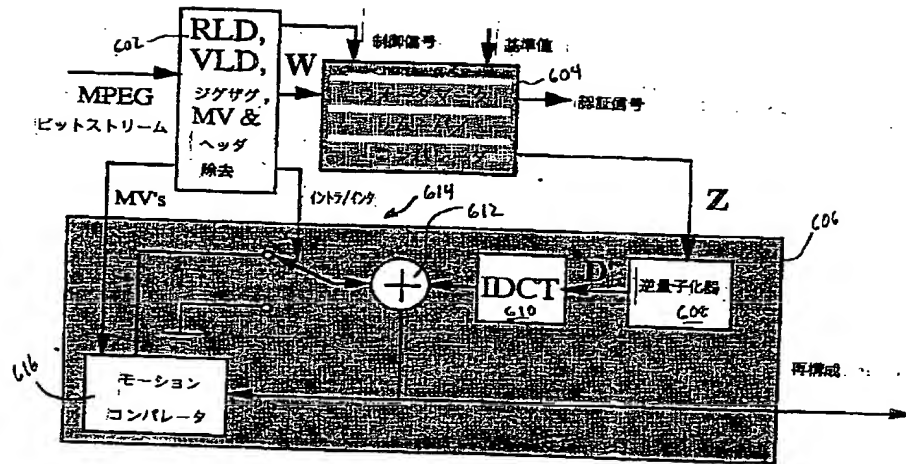
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【外国語明細書】

1 Title of Invention

**METHOD AND APPARATUS FOR EMBEDDING
A WATERMARK INTO A DIGITAL IMAGE OR IMAGE SEQUENCE**

2 Claims

What is claimed is:

1. An image encoder for inserting a watermark into an image containing a plurality of pixels, where the pixels are encoded using discrete cosine transform (DCT) coefficients, comprising:

a watermark mask for masking an array of DCT coefficients representing said image and setting select ones of said DCT coefficients in said array to a zero value; and

a watermark inserter, coupled to said watermark mask, for inserting watermark values into locations in said DCT coefficient array where said DCT coefficients were masked and set to a zero value.

2. The apparatus of claim 1 further comprising a watermark generator for producing said watermark coefficients as quantized DCT coefficients of a predefined character string.

3. The apparatus of claim 1 further comprising a watermark generator for producing said watermark values are pseudo-randomly generated.

4. A DCT based image encoder for inserting a watermark into an image containing a plurality of pixels, where the pixels are encoded using discrete cosine transform (DCT) coefficients, comprising:

a watermark mask for selecting certain ones of said DCT coefficients representing said image and changing the value of the selected DCT coefficients to zero to form a masked array of DCT coefficients;

an image decoder, coupled to said watermark mask, for generating a predicted image from said masked array of DCT coefficients;

a watermark inserter, coupled to said watermark mask, for replacing the selected DCT coefficients with watermark values to produce a watermarked array of DCT coefficients;

an output processor, coupled to said watermark inserter, for losslessly coding said watermarked array of DCT coefficients to form a bitstream.

5. The apparatus of claim 4 further comprising a watermark generator for producing said watermark coefficients as quantized DCT coefficients of a predefined character string.
6. The apparatus of claim 4 further comprising a watermark generator for producing said watermark values are pseudo-randomly generated.
7. The apparatus of claim 6 wherein said watermark generator is coupled to said output processor and supplies said output processor with certain information useful in decoding said watermark values, where the output processor inserts the certain information into said bitstream.
8. The apparatus of claim 7 wherein said certain information is a seed for decoding said pseudo-randomly generated watermark values.
9. A method of inserting a watermark into an image containing a plurality of pixels, where the pixels are encoded using discrete cosine transform (DCT) coefficients, comprising the steps of:
 - masking an array of DCT coefficients representing said image and setting select ones of said DCT coefficients in said array to a zero value; and
 - inserting watermark values into locations in said DCT coefficient array where said DCT coefficients were masked and set to a zero value.
10. A method of extracting a watermark from a bitstream comprising the steps of:
 - extracting, from the bitstream, DCT coefficients that contain watermark values;
 - comparing the watermark values to reference watermark values;

producing an authentication signal if the watermark values match the reference watermark values;

if said authentication signal is produced, setting said watermark values in said DCT coefficients of said bitstream to zero to remove the watermark from the DCT coefficients in the bitstream, whereby an image is decoded without the appearance of a watermark.

11. The method of claim 10 further comprising the step of recalling said reference watermark values from memory.

12. The method of claim 10 further comprising the step of:
decoding information within said bitstream to produce said reference watermark values.

13. The method of claim 12 wherein said information is a seed for a pseudorandom code that forms the basis for the reference watermark values.

3 Detailed Description of Invention

The invention relates to image processing systems and, more particularly, the invention relates to a method and apparatus for performing digital watermarking of a digital image or image sequence.

BACKGROUND OF THE DISCLOSURE

With the advent of digitization of images, digital image distribution and digital video availability, copyright protection of such digital imagery has become a substantial issue for image publishers and authors. One technique used to identify digital image ownership is a digital "watermark" that is embedded into an image or image sequence. Such watermarks must be secure, robust to intentional corruption and to compression processing, not unreasonably complex to embed and extract, and compatible and interoperable with conventional image processing systems. The watermark is generally invisible to a viewer. However, in some applications, it is desirable to produce a visible watermark that can be removed by an authorized image decoder and that can not be removed by an unauthorized decoder.

Various digital watermarking techniques have been attempted for both still and video images with varying levels of success. The use of spread-spectrum techniques are disclosed in Hartung et al., "Digital Watermarking of Raw and Compressed Video", Systems for Video Communication, October 1996, pp. 205-213 and Hartung et al., "Watermarking of MPEG-2 Encoded Video Without Decoding and Re-encoding", Proceedings of SPIE 3020, Multimedia Computing and Networking 97 (MMCN 97), February 1997. The first of these papers discloses a technique that spreads the energy of a watermark image throughout a video sequence to be "watermarked" using a pseudo-noise signal. Once the pseudo-noise signal has been embedded into the video sequence, the system encodes the video sequence containing the watermark.

In this manner, the watermarking is accomplished in the pixel domain. As such, any coding losses in the video coding process apply to the watermark as well as the images in the video sequence. At the decoder, the spread watermark is correlated and extracted from the video sequence. The use of a spread-spectrum technique requires substantial synchronization and signal processing hardware at both the encoder and decoder to facilitate recovery of the watermark and the video. As such, pixel domain watermark processes are generally avoided.

Both of the aforementioned papers disclose a bitstream domain watermarking technique where the "block" of an image frame within the video sequence is coded and then combined with a coded watermark signal. Specifically, a block is generally an 8x8 pixel portion of an image frame. The block is coded using a discrete cosine transform (DCT) to form a coded block. A watermark image is similarly divided into blocks and DCT coded. The DCT coefficients representing the coded watermark block and the coded image block are then added together to form a combined block. The combined block is quantized and error coded. Thereafter, a selection process is performed to transmit only the "watermarked" coefficients that will not increase the bit rate necessary to transmit the encoded video sequence. This selection process compares the number of bits required to encode coefficients of the combined block with the number of bits required to encode coefficients of the image block only. If the number of combined block bits is greater than the number of image block bits, the system transmits the image block bits; otherwise, the combined block is transmitted. Clearly, such a selection process eliminates some of the watermark information and thus distorts the watermark. In some extreme cases, the watermark information may not be transmitted at all or such a small amount may be transmitted that the watermark is rendered useless.

Therefore, a need exists in the art for a watermarking technique that does not remove any amount of watermark signal to facilitate watermarking a video sequence without exceeding a predefined bit budget.

SUMMARY OF THE INVENTION

The disadvantages associated with the prior art are overcome by the present invention of a method and apparatus for watermarking an image or sequence of images without limiting the watermark signal. The watermarking apparatus includes a conventional DCT unit and quantizer for generating an array of quantized DCT coefficients. The array is watermarked by masking the array to select certain ones of the DCT coefficients that are then replaced by zero values to form a masked array. The masked array is further processed by a watermark inserter that replaces the zero valued coefficients with predefined watermark coefficients to form a watermarked array of DCT coefficients, e.g., a watermarked image. The image that is watermarked is generally divided into a plurality of blocks of pixels, where each block is watermarked in the above manner on a block-by-block basis.

This invention is generally used in a block-based image encoder, such as an MPEG encoder, where the masked array is applied to an embedded decoder such that a predicted image is generated therefrom. The predicted image is compared to the input image to produce a residual image that is watermarked in the manner described above. By having the watermark mask operate within the loop that generates the predicted image, the closed loop encoding will, in essence, compensate for the image distortion that is added to the image by zeroing some of the DCT coefficients. However, since the zeroed coefficients are generally the high frequency coefficients, the distortion is minimal. Depending upon the magnitude of the watermark values and their placement into the DCT array, the watermark can selectively be visible or invisible.

This manner of watermarking an image enables a rather simple technique to be used to remove a visible watermark from the image within an authorized decoder. The authorized decoder must contain a reference watermark that matches the image watermark. If the watermark is generated using a pseudorandom code, the seed to the code can be transmitted within user data in the bitstream. As such, the watermark

reference can be produced by the decoder from the seed. Consequently, decoders can selectively be authorized to decode certain image sequences and remove the watermark.

More specifically, a decoder for the bitstream containing the watermark comprises an input processor, a watermark remover/comparator, and a conventional block-based decoder. The input processor processes the input bitstream to extract the header information, the motion vectors, and the arrays (blocks) of DCT coefficients containing the watermark values. Each block, on a block-by-block basis, is coupled to a watermark remover/comparator. The watermark remover/comparator extracts the watermark values and compares them to a reference watermark. If the extracted values match the reference, an authentication signal is generated and the watermark remover/comparator then zeroes the coefficients in the block that contain the watermark values. The block is then decoded in a conventional manner to produce the reconstructed images. However, if the extracted watermark values do not match the reference, the watermark values remain in the block of DCT coefficients and the reconstructed images will be distorted by the visible watermark.

DETAILED DESCRIPTION

FIG. 1 depicts a block-based video encoder 100 containing a watermark processor 102. The block-based encoder 100 is illustratively an encoder that satisfies the Moving Pictures Experts Group (MPEG) standards for such encoders of video image sequences, i.e., the encoder is generally referred to as an MPEG encoder. However, the inventive watermarking apparatus should be understood as being applicable to any image or image sequence encoding process that uses DCT coefficients to facilitate the encoding process, e.g., JPEG, H.261, MPEG-1, MPEG-2, and the like.

More specifically, the illustrative MPEG encoder 100 comprises conventional components such as a subtractor 104, a intra-inter switch 106, a DCT unit 108, a quantizer 110, output processor 112, and intra-inter decider 114 and an embedded decoder 116. As is well known, an MPEG encoder operates upon an image frame taken from a sequence of video images. The frame is divided into a plurality of "blocks" that conventionally contain a 16x16 group of pixels. In what is known as a 4:2:0 sampling structure, this block of pixels is processed to form a block of luminance information (e.g., four 8x8 blocks of luminance pixels) and the 16x16 block is subsampled to form two 8x8 blocks of pixels containing chrominance information. The combination of these six blocks of pixel information is known as a "macroblock". However, to maintain generality, the present invention is discussed as processing a target image that should be construed as an array of pixels of any size or shape.

In the illustrative application of the present invention within an MPEG encoder, each 8x8 block of pixel information is applied, one at a time,

to the input of the encoder as a "target" image. The target image is compared to a motion compensated predicted image produced by the embedded decoder 116. The comparison is performed in subtractor 104 where image information that is the same in the two images produces a null value and all differences appear as "residuals" within a residual image. The residuals pass through inter-intra switch 106 and are generally transformed into the frequency domain by the DCT unit 108. Specifically, the DCT unit 108 produces an 8x8 array of DCT coefficients representing frequency components of the pixel image information in the 8x8 target block. The DCT coefficients are then quantized by quantizer 110. However, when the intra-inter decider 114 determines that the encoder would more efficiently encode the target image itself rather than the residuals, the intra-inter switch 116 is set to couple the target image directly to the DCT unit 108, i.e., the target image becomes the residual image. A decision to use the target image rather than the residual image generally occurs after a scene change (also known as a scene cut) in the video sequence.

The quantized DCT coefficients are then coupled to the watermark processor 102. The watermark processor 102 comprises a watermark generator 132, a watermark mask 118 and a watermark inserter 120. The watermark mask 118 selects certain ones of the quantized DCT coefficients and sets the value of each selected coefficient to zero. A control signal, produced by the watermark generator, defines the particular coefficients that are to be masked. The masked array of coefficients containing the "zeroed" coefficients is coupled to the embedded decoder 116 and used to produce a predicted image.

The masked block of DCT coefficients is coupled to the watermark inserter 120, where the zeroed coefficients are replaced with watermark coefficients. The watermark coefficients are supplied by the watermark control signal.

The watermarked block of DCT coefficients is then coupled to the output processor that combines the motion vectors and header information with the DCT coefficients and conventionally encodes the assemblage using

zig-zag scanning, run-level coding (RLC) and variable length coding (VLC) to form an MPEG compliant bitstream. A control signal is provided to block 112 such certain watermark decoding information can be inserted into, for example, the user data fields of the bitstream. For example, when using a dynamically variable watermark, the synchronization information is inserted into the bitstream to enable a decoder to find and extract the watermark. Also, for pseudo randomly generated watermarks, a seed for decoding the watermark is inserted into the bitstream as, for example, picture layer user data. As such, the watermark related decoding information can be inserted as often as every picture, but need not be.

The masked block of coefficients is coupled to the embedded decoder 116. The embedded decoder 116 comprises an inverse quantizer 122, an inverse DCT unit 124, a summer 126, a inter-intra switch 128, and a motion compensation processor 128. This assemblage of components decodes the previously encoded block and motion compensates the block in a conventional manner. Specifically, the masked block is inverse quantized and inverse DCT processed. As such, a block of reconstructed residuals is formed. These reconstructed residuals are nearly the same as the residuals produced at subtractor 104, but they lack the masked image information. The reconstructed residuals are summed with a predicted image within summer 126 and the summed reconstructed block is motion compensated within motion compensation processor 128 to form a predicted image. The inter-intra switch 130 operates in the same manner as switch 120 as well as also being under the control of the inter-intra decider 114. As such, the predicted image is used to form the reconstructed block and coupled through the switch 130 only when the residuals were originally encoded. Otherwise, the output of the inverse DCT unit is a reconstructed target image that is coupled to the motion compensator without being added to a predicted image.

It is important to note that the watermark mask 118 is within the "loop" that encodes and decodes the target image to form a predicted image, while the watermark inserter 120 is outside of that loop. By placing the

watermark mask inside the loop, an authorized MPEG decoder will track the embedded decoder after the watermark is removed.

The watermark inserter 120 is outside the loop to ensure that the watermarked values are "branded" into the bitstream. Note that the watermarked DCT coefficients are modified at the last possible encoding stage and that no further "lossy" processing occurs after the watermark coefficients are inserted into the masked array of DCT coefficients. All the processes that are performed by the output processor are lossless, e.g., zig-zag scanning, VLC and RLC.

Using the watermarking apparatus of the present invention, an unauthorized MPEG decoder will not track the embedded decoder because an unauthorized decoder will not be able to remove the watermark from the decoded block. As such, the output images from an unauthorized decoder will contain periodically fluctuating noise whose visibility is controlled by the value of the watermarked coefficients. A decoder that can be used to remove a watermark embedded in the manner discussed above, is disclosed with respect to FIG. 5 below.

FIG. 2 depicts a block diagram of the process used to embed the watermark into an image and FIGS. 3, 4, and 5 graphically depict the array of DCT coefficients as it is processed by the present invention. To best understand the invention the reader should simultaneously refer to FIGS. 2, 3, 4, and 5.

Specifically, the method of the present invention (watermarking routine 200) begins, at step 202, with an input image (e.g., the residual image). At step 204, the input image is converted to the frequency domain using a discrete cosine transformation of the image content and then quantizing the DCT coefficients. FIG. 3 graphically depicts an 8x8 block or array 300 of quantized DCT coefficients. The watermark mask is applied at step 206 to select certain ones of the DCT coefficients. At step 208, the selected coefficients are "zeroed", i.e., assigned a zero value. FIG. 4 graphically depicts the block 300 of FIG. 2 after having a watermarking mask applied to the block and the selected DCT coefficients 400 set to a zero

value. At step 210, the routine produces the masked array as an output. As described above, in an MPEG decoder application, the masked array can be used by an embedded encoder to produce a predicted image.

At step 212, the routine 200 replaces the selectively zeroed coefficients with watermark values (i.e., quantized DCT coefficients derived from a watermark image). Care must be taken in selecting DCT coefficients for replacement. If the watermark is to have low visibility, then it is critical that relatively small watermark DCT values, e.g., -1, 0, +1, be inserted into the locations carrying the highest frequency coefficients of the DCT. Such highest frequency locations are generally in the lower right hand corner of the DCT block. Masking these coefficients will cause a low-level "cheesecloth"-like appearance in the reconstructed values. However, such an effect does not generally produce visible artifacts in the decoded image sequence. To further reduce the visibility of the cheesecloth effect, the watermark DCT values that are inserted can be reversed in polarity in co-sited macroblocks from frame-to-frame. As such, the average luminance deviation is zero and therefore less visible. If the watermark is to have high visibility, large watermark DCT values should be used. FIG. 5 graphically depicts the array 300 after watermark DCT coefficients 500 have been inserted into the masked locations in the array. At step 214, the routine outputs the watermarked array of DCT coefficients.

The replaced DCT coefficients will affect the bit count associated with each block in the picture, i.e., each block in a picture that is encoded is allocated a certain number of bits that are used to encode the block and the addition of the watermark values will generally increase that bit count. In some cases, the addition of a watermark, may decrease the bit count, but in most cases (i.e., where the high frequency DCT coefficients would have otherwise been zero values), the bit count will be increased. However, careful selection of the watermark coefficients can minimize the additional bit count. For example, it is more efficient to code coefficients with magnitude 0 or 1 than it is to code values with greater magnitude. Thus, low magnitudes should be used as watermark coefficients. Additionally, the

rate control technique (i.e., the algorithm that actually controls the coding rate and quantization scale for the DCT coefficients) can be modified on either a local or global basis to account for the slight increase in bit rate that adding watermark coefficients will require.

The actual watermark values may be deterministically, pseudo-randomly or cryptographically generated within the watermark generator (132 of FIG. 1). For instance, the generator 132 converts a trademark (e.g., XYZ) or some other identifying word or image into a binary (ASCII) equivalent. The binary values, for example, are then used to replace the quantized coefficient $Q(7,7)$ of FIG. 2 with a 1 or 0 in successive blocks that are processed by the encoder. In this manner, only one coefficient in each array of coefficients is replaced.

Alternatively, a pseudo-random sequence generator could generate a pseudo-random value, normalize the value and replace $Q(7,7)$ with a 0 whenever the normalized value is in the range 0 to 0.5, and replace $Q(7,7)$ with 1 whenever the normalized value is in the range 0.5 to 1. The type of watermark that is used (deterministic or pseudo-random) can be transmitted to the receiving decoder using the user data field within the MPEG transport stream. When using a pseudo-randomly generated code, the user data can also be used to transmit a "seed" for the pseudo-random code such that the decoder can easily extract the watermark. Using the user data in this manner, allows the encoder that inserts the watermark to change the watermark code while still allowing the authorized decoder to automatically remove the new watermark.

Once the watermark is inserted into an image in the manner described above, an unauthorized decoder (e.g., standard MPEG) processes the watermark as if it were the coded image. Depending upon the watermark coefficients, the watermark will either be visible or invisible in the decoded images. In some cases, it is desirable to have a highly visible watermark that appears in any images that were decoded using an unauthorized decoder. However, such a visible watermark would require removal from images decoded by an authorized decoder.

FIG. 6 depicts a block diagram of a block-based image decoder (e.g., an MPEG decoder) for decoding a bitstream generated by the encoder of FIG. 1 and simultaneously removing a watermark from the decoded image sequence. The decoder 600 comprises an input processor 602, a watermark remover/comparator 604, and a conventional decoder 606. The input processor 602 processes the MPEG-compliant bitstream by variable length decoding, run-length decoding, inverse zig-zag scanning, and removing the header to produce a block (array) of quantized DCT coefficients containing watermark information. The picture layer user data contains information regarding the manner in which the DCT block has been modified to include the watermark, i.e., the information details which locations contain watermark data. From the user data, the input processor 602 produces a control signal that is coupled to the watermark remover/comparator 604. This control signal provides the locations of the coefficients that carry the watermark values. To verify the authenticity of the watermark, the watermark remover/comparator extracts the watermark values from the block and the extracted watermark coefficients are compared against a stored reference (or a reference that is pseudo-randomly generated from a seed transmitted from the encoder to the decoder). If a match occurs, the authenticity of the watermark is confirmed and an authentication signal is produced. If no match is found, then the watermark was not inserted by an authorized encoder. If a match occurs, the watermark remover/comparator then "zeroes" the watermark value in each of those locations to produce the block Z (also depicted in FIG. 4). However, without a match, the watermark remover/comparator will not zero the watermark values and, as such, any reconstructed images will be distorted by the watermark values.

To complete decoding of the bitstream, the MPEG decoder 606 comprises an inverse quantizer 608, an inverse DCT unit 610, a summer 612, a inter-intra switch 614 and a motion compensator 616. The motion vectors and the intra/inter decisions associated with each block are extracted from the bitstream by the input processor 602 and coupled to the MPEG decoder 606. The inverse quantizer 606 and inverse DCT unit 610

operate upon block Z to inverse quantize and inverse DCT process the block to form a block of pixels. The summer 612 sums the pixels with a predicted block of pixels to form a reconstructed image. If the block was intra-coded in the encoder, then a predicted block is not applied to the summer 612, i.e., the switch 614 is switched to the intra terminal which is grounded. The reconstructed image is produced at the decoder output and also coupled to the motion compensator to be motion compensated to form a predicted block.

Although various embodiments which incorporate the teachings of the present invention have been shown and described in detail herein, those skilled in the art can readily devise many other varied embodiments that still incorporate these teachings.

4 Brief Description of Drawings

The teachings of the present invention can be readily understood by considering the following detailed description in conjunction with the accompanying drawings, in which:

FIG. 1 depicts a block diagram of a block-based video encoder containing digital watermarking apparatus of the present invention;

FIG. 2 depicts a flow diagram of a watermarking routine in accordance with the present invention;

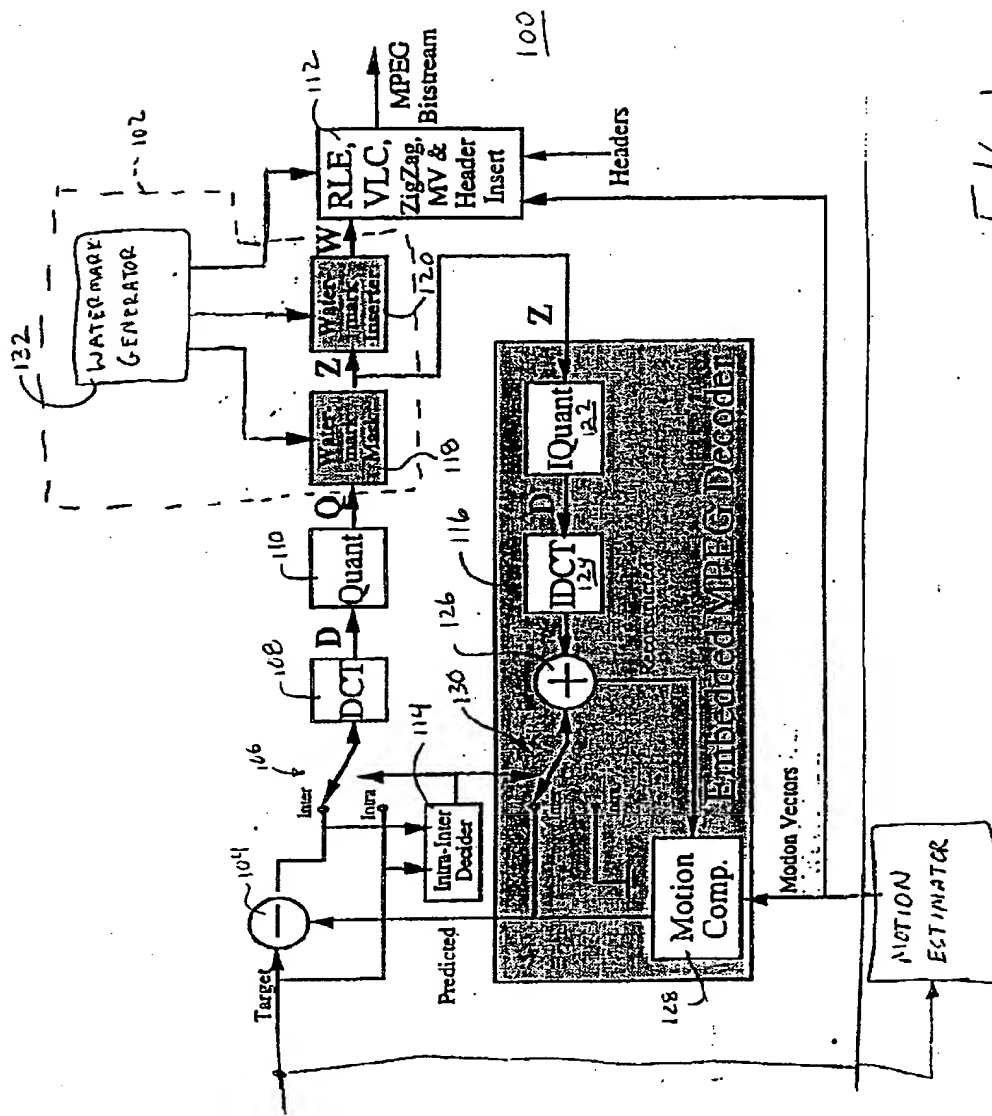
FIG. 3 depicts an illustrative block of quantized DCT coefficients;

FIG. 4 depicts the block of FIG. 2 with a watermark mask applied thereto;

FIG. 5 depicts the block of FIG. 3 having the "masked" DCT coefficients replaced with watermark coefficients; and

FIG. 6 depicts a block-based video decoder containing a watermark removing apparatus of the present invention.

To facilitate understanding, identical reference numerals have been used, where possible, to designate identical elements that are common to the figures.



F. 161

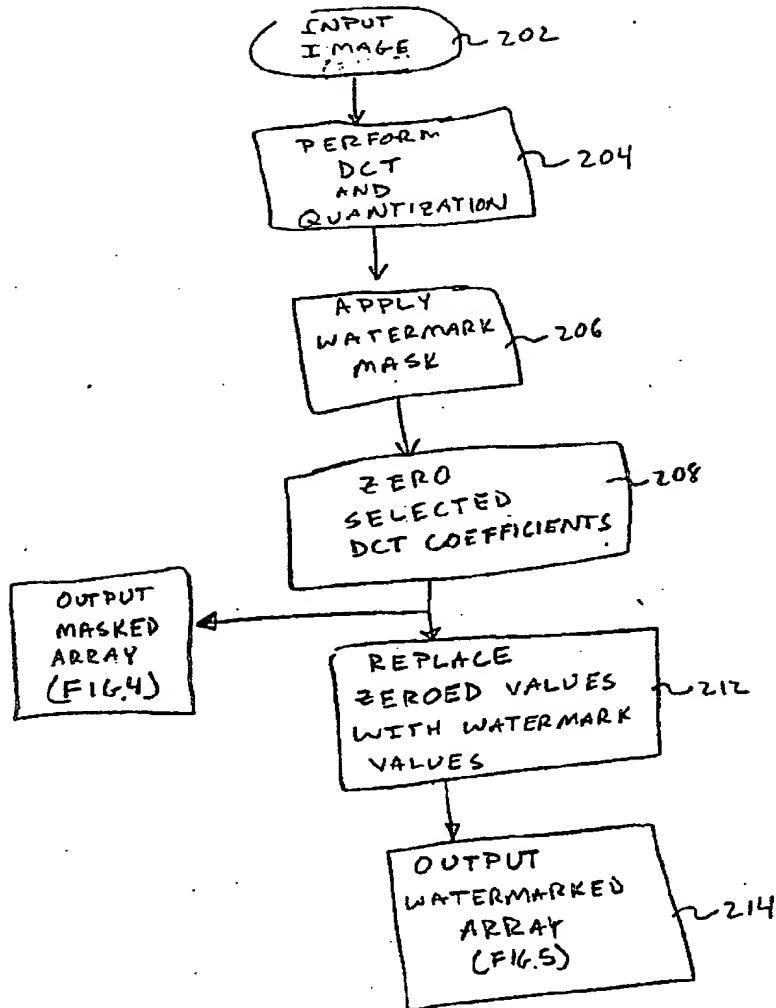
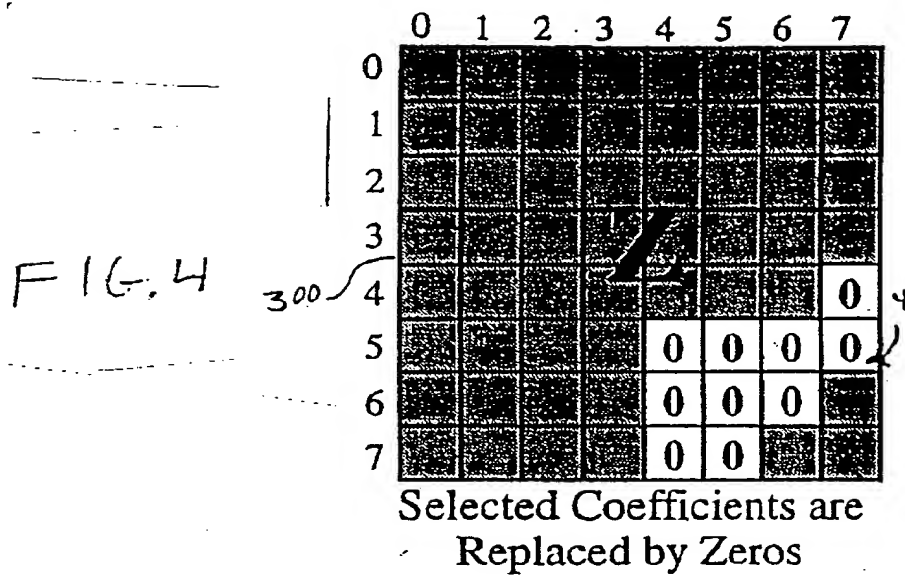
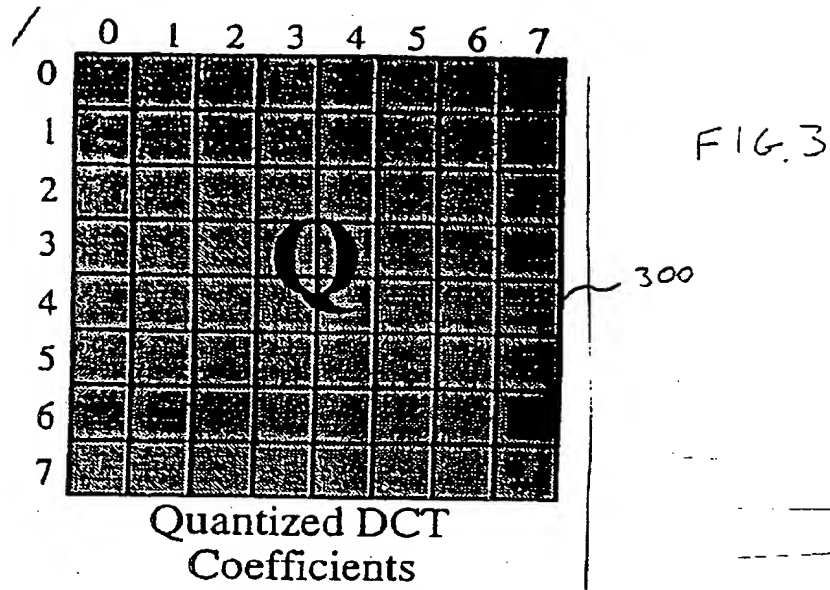
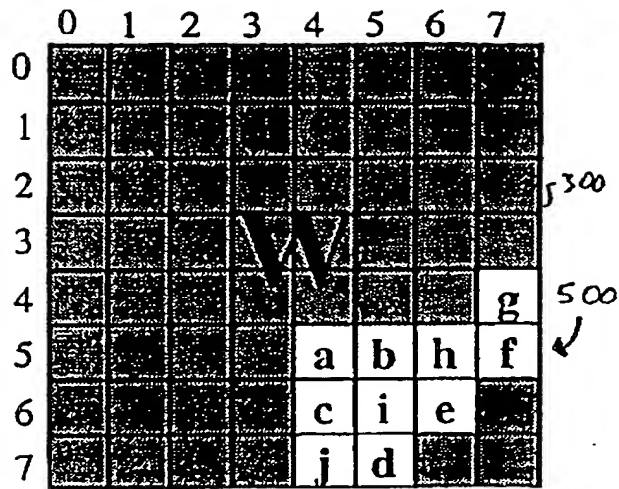


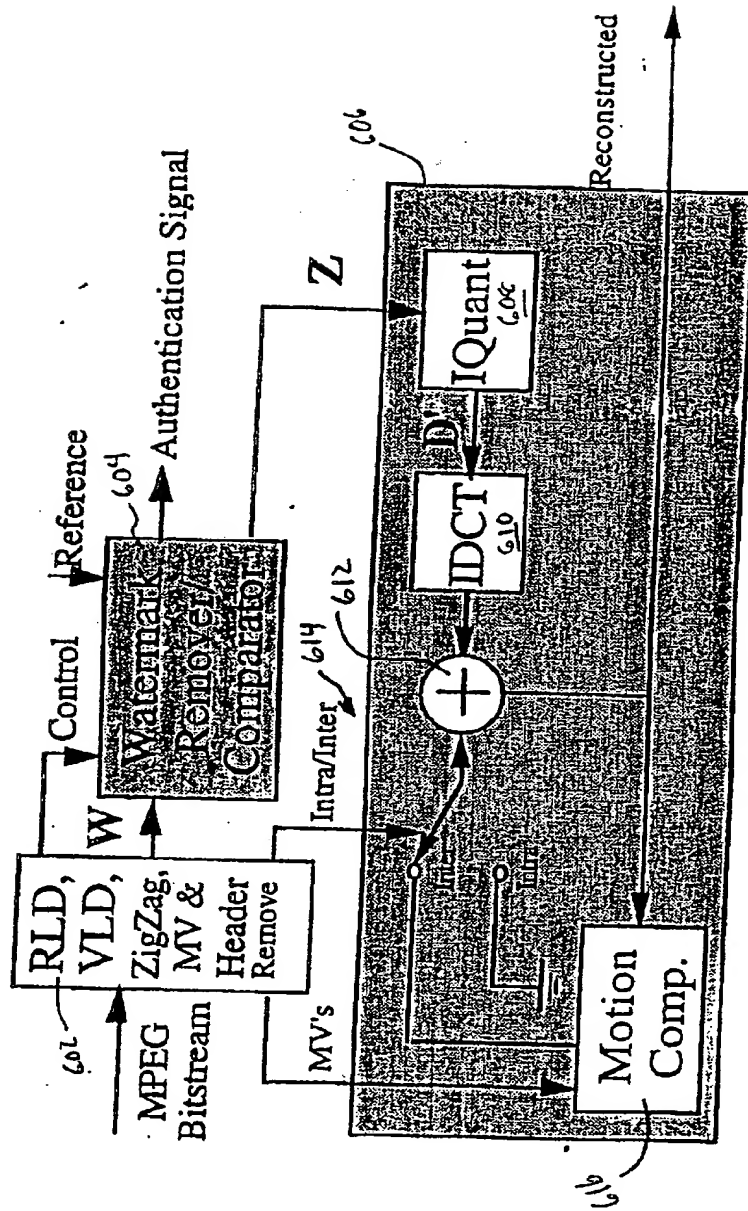
FIG 2





Zeros are Replaced by
Watermark Values

FIG. 5



600

F16.6

A method and apparatus for watermarking an image or sequence of images without limiting the watermark signal. The watermarking apparatus includes a conventional DCT unit and quantizer for generating an array of quantized DCT coefficients. The array is watermarked by masking the array to select certain ones of the DCT coefficients that are then replaced by zero values to form a masked array. The masked array is further processed by a watermark inserter that replaces the zero valued coefficients with predefined watermark coefficients to form a watermarked array of DCT coefficients, e.g., a watermarked image. A decoder for decoding the bitstream thusly generated and for removing the embedded watermark is also taught.

2 Representative Drawing Fig. 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINE(S) OR MARK(S) ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.